

弱高気圧高濃度酸素療法の適応が体表温度に及ぼす影響 — 第2報 —

The effect of change to the body surface temperature on hyperbaric oxygen Air therapy — No. 2 —

体育学部健康科学科

古山 喜一

FURUYAMA, Yoshiichi

Department of Health Science

Faculty of Physical Education

体育学部健康科学科

前原 亜美

MAEHARA, Ami

Department of Health Science

Faculty of Physical Education

体育学部健康科学科

相澤 徹

AIZAWA, Toru

Department of Health Science

Faculty of Physical Education

体育学部健康科学科

近森 清

CHIKAMORI, Kiyoshi

Department of Health Science

Faculty of Physical Education

体育学部健康科学科

猪越 孝治

INOKOSHI, Takaharu

Department of Health Science

Faculty of Physical Education

体育学部健康科学科

飯出 一秀

IIDE, Kazuhide

Department of Health Science

Faculty of Physical Education

キーワード：弱高気圧高濃度酸素療法，酸素カプセル，体表温度変化

Abstract： The purpose of this study was to determine the effects of two different HBA (hyperbaric Air) exposures on body surface temperature. Eleven healthy male collegiate students participated in this study. All subjects were divided into the (i)HBAT (n=11, HBA treatment: 50%O₂ at 1.3 ATA for 60 min) and (ii) control (n=11, No treatment: 50%O₂ at 1.0 ATA for 60 min) groups.

Body surface temperature was measured at peripheral part of upper extremity before and after each treatment. No significant differences were observed in the HBAT group before and after the treatment ($1.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$). At the other group, body surface temperature was increased in the control group after the treatment ($2.4 \pm 1.8^\circ\text{C}$). But No significantly. The results of the present study indicate that HBAT can cause less effect on body and consequently be more effective compared with controls, taking into consideration optimal hyperbaric oxygen therapy.

【研究の背景】

弱高気圧高濃度酸素療法がヒトに与える影響について、我々は環太平洋大学研究紀要（6），211-214, 2012において、体表温度の上昇が抑制される事を明らかにしたが、実験の参加者母数が少人数であった為、報告の信頼性は低いものとなっていた。今回更に母数を増やし、研究報告の信頼性を向上させる為に追加実験を行った所、前回の報告とは異なる結果となったの

で、第2報として報告する。

酸素カプセルを用いた1.3絶対気圧前後の環境に滞在する弱高気圧酸素療法（HBAT: Hyperbaric Air Therapy）は、現在、特にスポーツ分野に応用され競技アスリート選手はもとより、一般スポーツ愛好家にも普及し、高気圧空気環境あるいは高気圧高濃度酸素環境を再現する事で、「疲労回復」や「代謝の亢進」を目的として使用されている。しかし、人体に与える影響についての報告は少なく、実際には未解明なまま

用いられているのが現状である。そこで我々は1.3絶対気圧前後の環境に滞在することが人体に与える影響を明らかにする目的で、特に体表温度に注目して検討した。

【対象】

健常男子大学生11名とした。

【方法】

被検者には全員2回実験に参加してもらい、その内1回は弱高気圧高濃度酸素療法を行うものと（以下HBAT群）、他の1回は対象群としてカプセル内には入るが加圧は行わない群（以下対象群）を作成した。

HBATには弱高気圧高濃度酸素カプセル（株）エア・テクノロジーズ社製：O₂シャトルD80を用いた。加圧設定の方法は15分の室内仰臥位安静後、カプセル内に移動し、10分かけて大気圧環境より1.3ATA・50%O₂環境へ徐々に加圧し、その環境に60分間身体を暴露し、その後10分かけて大気圧環境へ減圧する方法とした（図1）。

また、対象群はカプセル内で加圧を行わない以外はHBAT群と同様のプロトコルとした。

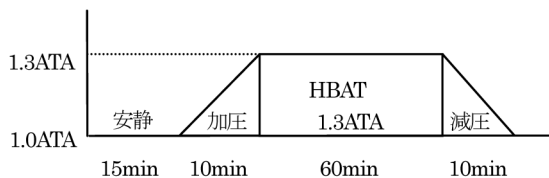


図1 適用法と加圧時間

実験前後における上肢末梢部の体表温度として、第2指～第4指指尖部腹側の体表温度を実験前後に計測し、3指から得られたデータを平均化し体表温度とした。また、得られた実験前後の体表温度より変化温度を算出し、また、変化温度を安静時皮膚温度で除し変化率を算出した。

また、カプセル内温度、カプセル内湿度を測定した。

今回の研究は環太平洋大学倫理委員会の承認を得て実施し、対象者に対しては事前に研究の目的、安全性について十分な説明を行い参加の同意を得た。

【統計処理】

両群間における体表温度の変化率について、統計的有意差検定として「対応のあるT検定」を用い有意水準は5%未満とした。

【結果】

1. 体表温度

体表温度はHBAT群において体表温度の平均変化温度は $1.0 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$ で平均変化率は $2.7 \pm 5.5\%$ であった。一方、対象群における体表温度の平均変化温度は $2.4 \pm 1.8^{\circ}\text{C}$ で平均変化率は $6.8 \pm 5.0\%$ であり、両群間に有意差は認められないものの、HBAT群において温度上昇が低値を示した（図2, 3, 4）。

温度（℃）

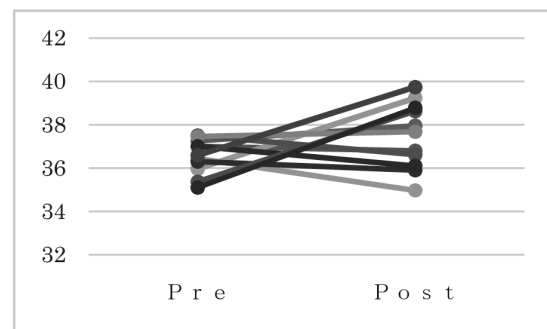


図2 実験前後での変化温度（HBAT群）

温度（℃）

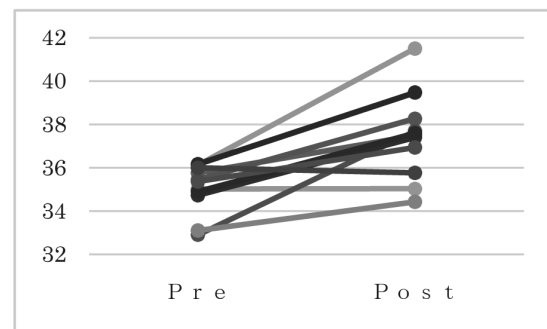


図3 実験前後での変化温度（対象群）

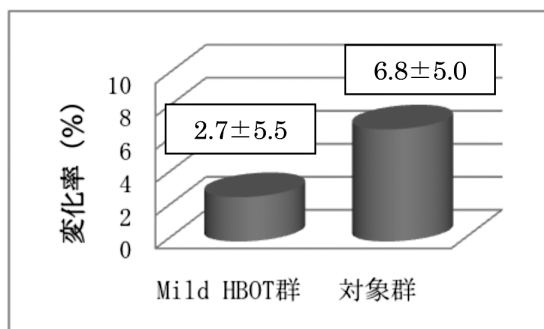


図4 実験前後での温度変化率

2. カプセル内温度

両群ともに実験前後で温度上昇がみられた (図5)。

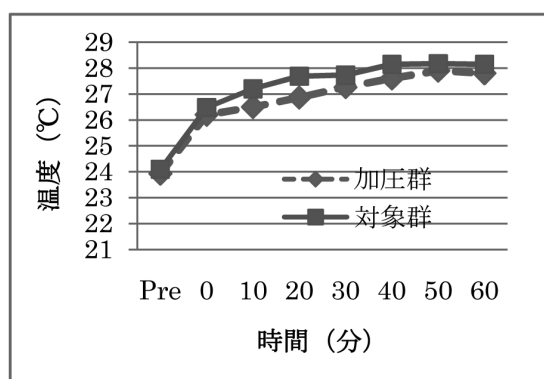


図5 カプセル内温度

3. カプセル内湿度

両群ともに実験前後で湿度上昇がみられた (図6)。

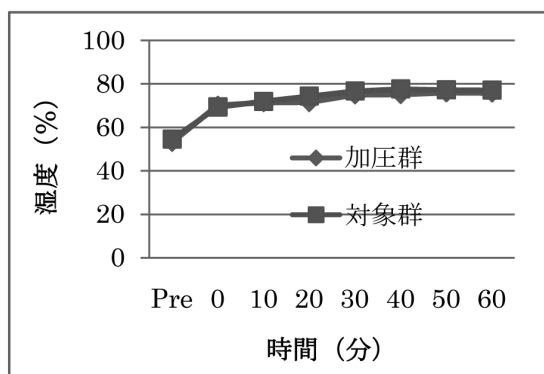


図6 カプセル内湿度

【考察】

今回の体表温度変化において、両群間に有意差は認められないものの、HBAT群において温度上昇が低く抑えられたことに関しては、高気圧環境下の身体圧迫によるものが考えられる。

体表部に存在する毛細血管が加圧により圧迫され、

毛細血管内の循環血液量が減少した為に、体表部の温度上昇が低く抑えられたと考える。

また、末梢血管の酸素濃度の上昇は組織酸素濃度を上昇させる為、生理的な生体反応として、毛細血管内の血液循環量が減少した可能性もあるが、今回設定した1.3絶対気圧程度では、ヘンリーの法則からみても微増量なので、今回の実験における体表温度の上昇にはあまり関与していないと考える。

一方、対象群においてはカプセル内温度の上昇に伴い身体温度調節メカニズムが働き、末梢血管が拡張し身体からの熱放出が活発になり体表温度が上昇したもののと思われる。

カプセル内温度の上昇については、カプセル内空気が断熱圧縮により温度上昇した物理的作用によるものと、密閉空間における被検者の体熱がカプセル内に伝わったものによると思われる。

元来、高気圧下にて酸素摂取を行う行為は医療機関で行われており、厚生労働省が認める高気圧酸素療法 (HBOT: HyperBaric Oxygen Therapy: 2.0絶対気圧以上100%純酸素環境) として大気圧の2倍の圧力環境にて潜水病、脳梗塞、火傷等の治療に用いられ、加圧による効果及び酸素毒性による効果を用い良好な治療成績を挙げている。

一方、HBOTの副作用として「耳痛」、「頭痛」、「吐き気」等が報告されており、この高気圧酸素環境への滞在は時として苦痛を伴う事がある。

現在一般に普及しつつあるHBATは医療現場で用いられているHBOTの基準を満たさないものをいうが、HBATは定着した呼称名ではなく、使用の目的やオペレーターの身分により、加圧空気ヘルスケアや酸素カプセル療法などとも呼ばれており、現在、特にスポーツ分野に応用され競技アスリート選手はもとより、一般スポーツ愛好家にも普及し、簡易型のカプセルタイプで高気圧空気環境あるいは高気圧高濃度酸素環境を再現し用いられている。

日本においてスポーツ現場で応用され始めたのは2001年頃であり、イギリスのサッカー選手であったベッカム選手が骨折の早期修復に用いたことで広く知られるようになった。

期待される効果は「疲労回復」、「代謝の亢進」等である。

一般にスポーツによる疲労回復やスポーツコンディショニングに用いられることの多いHBATは操作資格の問題や前述した副作用を鑑み、気圧の設定環境は耳痛等が少なく身体的苦痛の少ない1.3絶対気圧前後

の環境にて用いられているのが一般的である。

血液中の酸素は「ヘモグロビン結合型酸素」と「溶解型酸素」の2種類で存在するが、高気圧酸素カプセル（密閉空間）で人工的に気圧を上げると、血液中に多くの酸素が溶け込む事により溶解型酸素量が増え、末梢組織へ多くの酸素を運搬できるようになると考えられる為に1.3絶対気圧程度でも微増量ながら組織の酸素含有量が増加するが、この場合、活性酸素による負の影響を考慮しなければならない。

数少ない報告の内、松本ら¹⁾はヒトにおけるHBAT（1.25絶対気圧、36%高濃度酸素環境）適用前後における酸化ストレス度に有意な変化は見られなかったとしている。この事はHBATにおける副作用として懸念される活性酸素の過剰発生については低く抑えられていると考えられる。

またスポーツ活動に関係する報告では、石井ら²⁾はヒトにおける最大運動後にHBAT（1.3絶対気圧100%酸素マスク吸入環境）を行い乳酸値が有意に減少したと報告している。この事は高強度運動後の代謝性アシドーシスからの回復にHBATが関与する事が示唆された。

また竹内³⁾らは高強度運動後にHBAT（1.25絶対気圧35%高濃度酸素環境）を行い、下肢の疲労感が減少する傾向を示した事を報告している。この事はスポーツ選手にとって重要である「コンディショニングの維持」に大きく関係するものと思われる。

末梢組織の代謝に関する報告ではHBATを松本ら⁴⁾は2型糖尿病ラットに対し8週間行ったところ、ひらめ筋のTypeⅡA線維とTypeⅡC線維において高い酸化系酵素活性を認めており、HBATに有酸素運動と同様の効果が期待できる事が明らかになったと報告している。これらの事よりHBATはヒトの代謝亢進についても促す事が考えられ、スポーツ活動により末梢組織に留まった疲労物質の除去に作用することが考えられる。

一方、医療機関で行われるHBOTに関しては多くの報告がなされ、疾患に対する治療法の1つとして確立したものとなっている。

これらの事より1.3絶対気圧前後の空気加圧環境あるいは高濃度酸素加圧環境のHBATに対する解明はこれからであり、本研究は、HBATに関する科学的根拠の一端を、特に「加圧に対する身体への影響」について解明するもので、スポーツコンディショニング領域に展開する為の研究基盤の確立に繋がると考える。

今回の結果においても対照群に比し、加圧群におい

て体表温度の平均温度変化が低値を示す傾向であり、実験前後での体表温度の上昇が低く抑制される傾向となったが、内訳は実験前後で体表温度が上昇するもの、変化のないもの、低下するものと3様の温度変化状態が観察されたため、個体による加圧の影響等について今後再度母数を増やすなど、更なる検討が必要であると思われる。

【まとめ】

1) 1.3絶対気圧前後の環境に滞在することが人体に与える影響を明らかにする目的で、特に体表温度に注目して検討した。

2) カプセル内温度は実験直後より両群で同様に上昇したが、対照群に比し、加圧群において体表温度の平均変化率が低値を示す傾向であった。

3) 体表温度の上昇が加圧群において抑制傾向を示したことは、高気圧下における身体圧迫が末梢血液循環量を減少させた可能性が考えられた。

4) スポーツ動作後に末梢血管の循環量を減少させることは疲労回復に繋がると考えられる為、弱高気圧高濃度酸素環境は疲労回復に影響を及ぼす可能性が考えられる。

【参考文献】

- 1) 松本ら、体力科学 55 (6), 748, 2006
- 2) 石井ら、日高圧医誌 30, 109-114, 1995
- 3) 竹内ら、仙台大学紀要 43 (1), 9-18, 2011
- 4) 松本ら、人間科学研究 22 (1), 61, 2009